

# Acuíferos explotados intensivamente: conceptos principales, hechos relevantes y algunas sugerencias

M. R. Llamas<sup>(1)</sup> y E. Custodio<sup>(2)</sup>

(1) Fundación Marcelino Botín (FMB), Madrid, España.  
Plaza Manuel Gómez Moreno, 2. Edificio Alfredo Mahou, planta 23. 28020 Madrid.  
E-mail: mrlamas@cospa.es

(2) Instituto Geológico y Minero de España (IGME), C/ Ríos Rosas, 23, 28003 Madrid, España

## RESUMEN

Hay un desarrollo intensivo de aguas subterráneas cuando se extrae una fracción significativa del recurso renovable interanual de los acuíferos, que, en contrapartida, modifica apreciablemente su régimen hidrogeológico, o causa impactos ecológicos, políticos o socioeconómicos significativos, o se producen cambios importantes en la interacción río-acuífero. El uso intensivo del agua subterránea se está convirtiendo en una situación corriente en muchas áreas del mundo, especialmente en las áridas y semiáridas, y en islas pequeñas y zonas costeras. Existen muchos puntos de vista diferentes y opuestos sobre los asuntos relacionados con el desarrollo intensivo del agua subterránea, y éstos son, a menudo, parcialmente verdaderos. Esto refleja las diferentes situaciones con las que se enfrentan diferentes regiones a causa de sus distintas condiciones climáticas, hidrogeológicas, económicas, sociales y políticas, así como intereses y objetivos diferentes. Por ejemplo, los explotadores de agua subterránea, abastecedores de agua, granjeros, conservadores de la naturaleza, gestores y administradores del agua, y políticos tienen unas posturas muy variadas en relación con el uso del agua subterránea. La gestión de acuíferos explotados intensivamente no sólo contiene aspectos técnicos, sino también económicos, legales, institucionales y sociales, y políticos. Todos son aspectos esenciales y contienen una importante componente local, que hay que tener en cuenta. El uso sustentable del agua subterránea es posible pero requiere una adecuada institución de gestión, la participación efectiva de los usuarios, e información. Se producen externalidades que hay que considerar y compensar.

Palabras clave: acuíferos, aguas subterráneas, gestión, uso intensivo, usuarios

## *Intensive exploited aquifers: main concepts, relevant facts and some suggestions*

### ABSTRACT

*There is intensive development of groundwater when a significant proportion of the interannual renewable resource is withdrawn from the aquifers, which in turn, noticeably modifies their hydrogeological functioning, or causes significant ecological, political or socio-economic impacts, or important changes are produced to river-aquifer relationships. Intensive use of groundwater is becoming a common situation in many areas of the world, especially in semiarid and arid areas, and in small islands and coastal zones. Many different and opposed viewpoints exist on the issues related to the intensive development of groundwater, and these are often partly true. This reflects the diverse situations different regions face because of their varied climatic, hydrogeological economic, social and political conditions, as well as the different interests and objectives. For example, groundwater developers, water suppliers, farmers, Nature conservationists, water managers and administrators, and policy-makers have very diverse positions in relation to groundwater use. The management of intensively exploited aquifers refers not only to technical aspects, but also to economic, legal, institutional, social and political issues. All of them are essential and contain an important local component to be considered. The sustainable use of groundwater is possible but needs an adequate management institution, the effective participation of stakeholders, and information. There are externalities that have to be taken into account and compensated.*

*Key words: aquifers, groundwater, intensive use, management, stakeholders*

## Introducción

En este artículo los autores presentan lo que consideran que son las principales conclusiones obtenidas en un taller de trabajo llevado a cabo en Madrid (13-15 de diciembre de 2001), que incluían comentarios e ideas para mejorar la gestión del agua en regiones en

las que existe un uso intensivo de las aguas subterráneas. Estos resultados y sugerencias sólo representan el punto de vista personal de los autores. Las diferentes aportaciones de los participantes en el taller pueden encontrarse en Llamas y Custodio (en prensa).

Hay un desarrollo intensivo de aguas subterráneas

cuando se extrae una fracción significativa del recurso renovable interanual de los acuíferos, que, en contrapartida, modifica apreciablemente su régimen hidrogeológico, o causa impactos ecológicos o socioeconómicos significativos, o se producen cambios importantes en las interacciones río-acuífero.

El concepto de desarrollo intensivo de las aguas subterráneas apunta a hechos concretos; por lo tanto parece preferible al concepto poco definido de sobreexplotación y términos similares, que pueden implicar acepciones derogatorias y pesimistas injustificadas o irreales, tal como se emplean por los medios de comunicación y legos. Por consiguiente, los autores proponen su abandono como un concepto hidrogeológico útil.

El uso intensivo del agua subterránea se está convirtiendo en una situación corriente en muchas áreas del mundo, especialmente en las áridas y semiáridas, y en islas pequeñas y zonas costeras.

Existen muchos puntos de vista diferentes y opuestos sobre los asuntos relacionados con el desarrollo intensivo del agua subterránea, y éstos son, a menudo, parcialmente verdaderos. Esto refleja las distintas situaciones con las que se enfrentan diferentes regiones a causa de sus diferentes condiciones climáticas, hidrogeológicas, económicas, sociales y políticas, así como los diferentes intereses y objetivos. Por ejemplo, los explotadores de agua subterránea, abastecedores de agua, granjeros, conservadores de la naturaleza, gestores y administradores del agua, y políticos tienen unas posturas muy variadas en relación con el uso del agua subterránea.

Los hechos y conceptos que siguen se fundamentan en una diversidad de situaciones y puntos de vista, y se basan en los diferentes trabajos presentados y las discusiones sostenidas durante el citado taller de trabajo de Madrid. Los hechos y conceptos se ofrecen como frases breves, añadiendo en ocasiones explicaciones en relación con sus consecuencias o aplicaciones. Por consiguiente, son inevitables algunas repeticiones en aras de la claridad.

## Hechos y consecuencias

En la mayoría de circunstancias es posible explotar los acuíferos para suministrar agua dulce a la población local, con unos beneficios evidentes para el fomento del desarrollo regional. Los acuíferos son un recurso de agua fiable para el suministro de agua y para el riego de cultivos, con un coste razonable y que emplea tecnología disponible. El agua subterránea es un recurso hídrico clave para aliviar de la pobreza, en la lucha contra la desnutrición y las ham-

brunas, y en la mejora de las condiciones de salubridad de la población.

Sin embargo:

- el agua subterránea ni resolverá todas las situaciones ni debería ser fomentada como un recurso ilimitado, lo que llevaría a un crecimiento incontrollado en el uso del agua subterránea
- los problemas y las circunstancias locales pueden necesitar consideración especial o inversiones adicionales, como en el caso de algunos acuíferos fracturados en zonas áridas, o cuando aparecen componentes disueltos peligrosos, como el arsénico o el flúor
- las cuestiones ambientales relacionadas con el agua subterránea pueden ser importantes, especialmente cuando el área se va desarrollando en términos económicos y educativos.

El desarrollo intensivo del agua subterránea puede producir algunos efectos colaterales negativos. Estos efectos negativos se refieren en su mayor parte al descenso del nivel del agua subterránea, al agotamiento del almacenamiento del agua subterránea, a la interferencia con manantiales, agua superficial y ecosistemas dependientes del agua subterránea, y a veces al deterioro de la calidad del agua. Todo esto son externalidades a tener en cuenta.

También se debería tener en cuenta que:

- se puede conocer y evaluar suficientemente las consecuencias del uso intensivo de los acuíferos. Esto precisa de seguimiento, inventario y estudios adecuados de expertos
- las externalidades deberían ser soportables socialmente y corregidas, en la actualidad o en el futuro, dedicando a su corrección parte de los beneficios de las extracciones de agua subterránea. Las soluciones suelen ser fáciles técnicamente, aunque pueden ser complejas socialmente
- la existencia de externalidades no debería impedir la consideración del desarrollo del agua subterránea como fuente de agua fiable y efectiva
- los efectos negativos pueden aparecer algún tiempo después del comienzo del desarrollo del agua subterránea, desde meses a muchos años.

El desarrollo del agua subterránea es progresivo y se vuelve más complejo a medida que se intensifica, cuando los beneficios deberían estar incrementándose y el conocimiento debería ir mejorando.

Sin embargo:

- el énfasis en las situaciones locales y restringidas se debería cambiar por un marco más amplio, puesto que los problemas particulares se pueden resolver y no deberían impedir que una comunidad mayor se beneficie.

El uso intensivo del acuífero encuentra su grado óptimo cuando se enmarca en esquemas de desarrollo de recursos hídricos integrados, lo que incluye la protección de la Naturaleza.

### Aspectos económicos

Los beneficios y los costes procedentes del desarrollo del agua subterránea no son estáticos. Éstos pueden variar en el tiempo. Por ejemplo, lo que puede que sea una práctica aceptable o una ventaja valiosa hoy en día, probablemente no lo fue en el pasado, y puede que no se mantenga en el futuro.

Entonces:

- se deberían realizar los análisis de coste-beneficio en un marco dinámico
- en las etapas iniciales de desarrollo económico y social de un área determinada, el agua subterránea puede jugar un papel esencial, ya que permite un crecimiento económico suave, sin la necesidad de inversiones preliminares grandes
- en la mayoría de los casos, el desarrollo del agua subterránea produce beneficios sociales evidentes.

Sin embargo:

- se necesita un seguimiento del desarrollo del agua subterránea para hacerlo sustentable con la imposición de limitaciones, la corrección de desviaciones y la compensación de externalidades
- las situaciones locales pueden que muestren aspectos negativos. Sin embargo, a menudo desaparecen cuando se consideran los beneficios en un área mayor.

Cuando se destacan los efectos negativos del desarrollo del agua subterránea sin que al mismo tiempo se consideren los beneficios, los planificadores y los que toman decisiones pueden despreciar el agua subterránea como recurso de agua fiable. Entonces, a la larga, se pueden perder los beneficios derivados del uso de este recurso, mientras que se aceptan otras alternativas menos adecuadas, más caras y menos respetuosas con el medio ambiente.

Puede suceder que:

- tales alternativas se conviertan en una carga severa para las regiones en desarrollo, puesto que se necesitan más fondos públicos; por consiguiente se incrementa la deuda externa y podría haber una mayor dependencia de tecnología externa.

Una causa principal de gestión no sustentable del agua subterránea es la mala tarificación.

Pero:

- esto no implica que valorar el agua adecuadamente sea aplicable, posible o aconsejable
- en muchas regiones los explotadores del agua subterránea aplican de hecho el principio de "recuperación total de costes", puesto que pagan, sin –o con sólo pequeños– subsidios procedentes de fondos públicos, el capital y los costes de servicio y mantenimiento, lo que explica por qué es mayor la eficiencia del uso del agua que en los proyectos con agua superficial.

Ni los usuarios del agua superficial ni los de la subterránea pagan los costes indirectos (externalidades).

### Sustentabilidad y aspectos sociales

Se debe considerar el uso sustentable de los acuíferos en un amplio contexto de espacio, tiempo, nivel científico, tecnología disponible y desarrollo social.

Sucede que:

- se pueden desarrollar sustentablemente la mayoría de los acuíferos cuando son parte de esquemas de desarrollo de recursos hídricos integrados.

El obstáculo más severo al desarrollo sustentable del agua subterránea puede ser la pobreza.

Sucede que:

- el uso intensivo del agua subterránea puede ayudar eficazmente a aliviar esta pobreza
- son raras las situaciones bien documentadas en las que el desarrollo intensivo del agua subterránea haya sido la causa de un retorno a la pobreza o haya generado problemas sociales graves
- los severos problemas que se citan frecuentemente sobre el desarrollo sustentable del agua subterránea se refieren principalmente a zonas paupérrimas, en las que los problemas reales son a menudo de otra naturaleza, tales como el analfabetismo, los regímenes autoritarios, la desigualdad social o la corrupción
- las consecuencias catastróficas del desarrollo intensivo de acuíferos descritos en algunas comunicaciones carecen por lo general de datos fiables y de análisis serios, y a menudo presentan predicciones poco fiables de situaciones futuras, la que se muestran como si fueran una realidad. Realmente, en muchos casos, las mejorías económicas y sociales debidas al desarrollo del agua subterránea han permitido hacer frente a algunos efectos negativos, e incluso ha sido posible la rehabilitación del acuífero y del medio ambiente.

Una amenaza importante al empleo sustentable de

acuíferos es el deterioro de la calidad del agua subterránea.

Sin embargo:

- este deterioro puede que no esté –y a menudo no está– relacionado o sólo está débilmente relacionado con el uso intensivo del agua subterránea.

El uso intensivo del agua subterránea es un fenómeno relativamente reciente, no mucho más antiguo de medio siglo, y frecuentemente de sólo un par de décadas. Por consiguiente, es apenas sorprendente que haya tal predominio de información equivocada actual, de “hidromitos” extendidos, e incluso la ausencia de puntos de vista contrapuestos.

- esto es una etapa útil hacia la madurez, que sigue un curso que tiende hacia el desarrollo sustentable
- se puede acelerar el camino hacia esta madurez si se mejora la transferencia de tecnología.

## Gestión e instituciones

El uso intensivo del agua subterránea necesita una gestión adecuada como medida necesaria para la sustentabilidad. Esto significa:

- una institución o instituciones coordinadas que aborden los asuntos de gestión, que sean competentes técnicamente y con los medios humanos, económicos y legales para llevar a cabo su tarea
- participación efectiva de todos los usuarios del acuífero en la gestión –incluidos terceros no terratenientes– bajo reglas claramente definidas y con ciertas competencias compartidas de control y seguimiento
- definición clara de quiénes son los agentes
- legislación y normas adecuadas, y medios para hacerlas cumplir
- suficiente conciencia pública y educación sobre los asuntos de interés
- datos y seguimiento, con resultados disponibles al público
- investigación específica y actividades tecnológicas enfocadas hacia los asuntos locales
- medios para luchar contra derechos adquiridos, privilegios abusivos, monopolios ocultos y actuaciones ilegales.

La gestión debería incluir preocupaciones sociales, culturales, económicas y medioambientales, además de las hidrológicas, de manera ponderada. Esto significa que:

- se deberían considerar tanto aspectos cuantitativos como cualitativos, con el énfasis adecuado
- el que se haga excesivo hincapié o se desprecien

ciertos aspectos se volverá a largo plazo perjudicial para la estabilidad social y económica

- la gestión puede incluir transferencias de agua, derechos o tierras entre los usuarios
- se debería llevar a cabo una gestión que asegurase la supervivencia del flujo de servicios que proporcionan los acuíferos.

Las legislaciones de aguas han sido la herramienta principal de reparto del agua superficial en la mayoría de países, y a menudo se ha extendido su ámbito al agua subterránea.

La participación pública en la gestión del agua subterránea no es un concepto nuevo, aunque en muchos casos está limitada frecuentemente a ciertos grupos de interés o a determinadas etapas del proceso gestor. De este modo la participación no es verdaderamente efectiva. En general es posible distinguir tres fases en la evolución de programas de participación pública:

1. Se entiende la participación en un sentido muy limitado, como una necesidad de educar e informar al público de las decisiones de gestión. Ello no es una participación verdadera, sino más bien una comunicación unilateral. Por consiguiente, el público no tiene la posibilidad de influir en el proceso de toma de decisiones.
2. La comunicación entre las agencias gestoras y el público es bidireccional. La opinión pública puede, en cierto grado, influir en las decisiones de gestión. Aunque el proceso es más participativo, es todavía el sector público el que controla el proceso de toma de decisiones.
3. Tiene lugar la participación auténtica: las agencias gestoras pasan, de informar al público y recibir sus opiniones, a decidir realmente con el público. El esfuerzo requerido por parte de las agencias gestoras es importante, como también lo son los posibles riesgos que ello conlleva. Es en esta etapa cuando se vuelve necesario diseñar mecanismos de resolución de conflictos con el objetivo de alcanzar soluciones que sean aceptables para todos. Este proceso requiere más esfuerzo y tiempo, pero la puesta en práctica de planes establecidos de mutuo acuerdo será sensiblemente más fácil.

Sin embargo, hace falta legislación:

- para asegurar una transición suave de los derechos de extracción no regulada de agua subterránea, basados en la propiedad del suelo u otras formas de apropiación privada del agua subterránea –tal como sucede generalmente en las etapas iniciales de desarrollo– a unos derechos de



extracción regulada basados en autorizaciones oficiales formales

- para proporcionar herramientas de resolución de conflictos sobre derechos de agua reales o supuestos, de modo que no estorbe la aplicación efectiva de los objetivos de gestión y los planes hídricos.

Existen algunas limitaciones al enfoque puramente regulador de la gestión del agua subterránea:

- un sistema rígido de concesiones, en donde se conceden las autorizaciones de extracción de agua subterránea para usos determinados en lugares determinados, no proporciona la flexibilidad necesaria para tratar adecuadamente situaciones de tensión o de cambio social. Un marco regulador más flexible permitiría transferencias temporales o permanentes de derechos de agua entre usuarios para que se pudiera lograr eficiencia y obtener criterios de equidad
- la aplicación efectiva de las herramientas reguladoras requiere la existencia de organismos adecuados para asegurar la conformidad con ellas
- un sistema de gestión del agua subterránea basado principalmente en medios reguladores requiere también la existencia de un inventario de licencias y derechos de agua completo y actualizado continuamente, e información fiable y aceptada en general sobre recursos hídricos y derechos existentes. Cuando no se dispone de información adecuada es cuando se precisa de herramientas de gestión más participativas para garantizar la aceptación social y la aplicación efectiva de los programas de gestión
- podría suceder que la legislación de aguas en vigor no sirva en lo sucesivo para atender las demandas sociales de recursos de agua, especialmente en situaciones de escasez y tensión, ni para los acuíferos desarrollados intensivamente.

La participación y la implicación de los agentes no se pueden establecer con efectividad desde las instancias superiores a las inferiores, sino que han de crecer a partir de las raíces.

Esto significa que:

- se debería convencer a los actores del agua de que hay un beneficio individual en la participación en la gestión de un recurso común de agua subterránea
- se debe compartir la información y ésta debe estar abierta a cualquiera
- la gestión debe ser transparente.

Se debe llevar a cabo la gestión del agua subterrá-

nea en un marco de planificación del agua a medio y largo plazo.

Sin embargo, este plan hidrológico debería ser:

- flexible para tener en cuenta la incertidumbre y que se adapte y evolucione con las circunstancias cambiantes
- en etapas para tener tiempo para adaptarse a cambios importantes
- acordado democráticamente por los agentes del agua
- adecuado a las circunstancias locales
- basado en derechos de agua realistas que encajen con lo que se necesite para obtener una eficiencia en el uso del agua subterránea y fomentar la confianza en su uso.

La gestión del agua subterránea debería aplicar el principio de subsidiariedad: las actividades que pueden ser llevadas a cabo adecuadamente en un nivel administrativo y territorial inferior no deberían ser realizadas en un nivel superior.

### Información y educación

Se debe presentar la información y el conocimiento elemental de una manera que sea tanto entendida fácilmente como disponible con facilidad por todas las personas interesadas.

Se debería realizar esto mediante medios adecuados tales como documentos impresos –carteles, folletos–, vídeos, seminarios, conferencias, centros y cualesquiera otros medios que ayuden en la comprensión y la difusión de información y conocimiento. En la actualidad esto incluiría el uso de Internet, coexistiendo con medios más convencionales.

Se debería tener en cuenta que:

- tendrían que asesorar expertos en comunicación
- los objetivos principales son los estudiantes de enseñanza primaria y secundaria
- los profesores deberían disponer de material didáctico adecuado
- los medios de comunicación, que juegan un papel clave, tienen que tener acceso a los medios educativos.

Los hidrólogos especializados en el agua subterránea deberían esforzarse en comunicar al público los conceptos y hechos hidrogeológicos imprescindibles de manera atractiva y fácilmente comprensible.

La información y la educación es principalmente la responsabilidad de los organismos de gestión del agua, que tienen que proporcionar medios y recursos.

Las organizaciones no gubernamentales (ONG) juegan un papel importante en la difusión.

Se debe prestar una atención especial en explicar a los gestores, tomadores de decisiones y usuarios las características especiales del agua subterránea que explican sus ventajas, pero también por qué y cómo responde lentamente el agua subterránea, y el gran retardo con que se manifiestan las influencias externas y la contaminación.

Esto significa:

- proporcionar ejemplos en los que se muestre la evolución a largo plazo
- convencer de la necesidad de seguimiento, la búsqueda de señales de aviso anticipadas, y la planificación a largo plazo.

La participación efectiva de los usuarios sólo puede tener lugar si hay un esfuerzo concertado en informar y educar al público.

Los medios de comunicación deberían recibir información realista de los beneficios y los problemas del uso intensivo de los acuíferos y no sólo de los aspectos negativos.

Para incrementar el conocimiento sobre acuíferos desarrollados intensivamente y llenar los vacíos existentes se sugiere que:

- se prepare una recopilación de casos documentados, que cubran las situaciones hipotéticas más frecuentes, las que, además de un contenido hidrogeológico convencional, deberían incluir análisis de los factores ecológicos, económicos, institucionales, sociales, legales y políticos, en relación con la explotación del agua subterránea
- se prepare un inventario de acuíferos explotados intensivamente, con un resumen de los impactos socioeconómicos, el análisis económico, y una evaluación de sustentabilidad
- se elaboren informes periódicos (por ejemplo

trienales) sobre avances en la comprensión y la evolución de acuíferos explotados intensivamente

- tenga lugar un intercambio de información entre una red de instituciones interesadas.

## Agradecimientos

Este trabajo es una versión adaptada del capítulo 22 del libro titulado "Intensive use of groundwater: challenges and opportunities", editado por los dos autores y publicado por Balkema, Países Bajos.

Se agradece a Balkema la autorización para difundir esta versión, traducida del original en inglés por J. Custodio Ayala.

La reunión que ha sido la base de estas consideraciones ha sido promovida por la Fundación Marcelino Botín (Madrid), el Instituto Geológico y Minero de España (Madrid) y la Generalitat Valenciana, con la colaboración de UNESCO, FAO, la OIEA (Organización de Naciones Unidas), la Asociación Internacional de Hidrogeólogos, la Asociación Internacional de Recursos Hídricos y la Asociación Nacional de Aguas Subterráneas (USA). Parte de las ideas se están desarrollando en el Proyecto Europeo Baseline (EVK1-1999-00032P) que el segundo autor coordinó por parte española.

## Referencias

Llamas, M. R. y Custodio, E. (Eds.) (en prensa). *Intensive use of groundwater: challenges and opportunities*, Balkema, Netherlands.

Recibido: Agosto 2002

Aceptado: Septiembre 2002